

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-287149

(43)公開日 平成11年(1999)10月19日

(51)Int.Cl. <sup>4</sup>	識別記号	F I	
F 0 2 D 41/40		F 0 2 D 41/40	C
41/38		41/38	A
45/00	3 6 4	45/00	3 6 4 N
F 0 2 M 45/04		F 0 2 M 45/04	
55/02	3 5 0	55/02	3 5 0 E
審査請求 未請求 請求項の数 6 F D (全 14 頁)			

(21)出願番号 特願平10-101870

(22)出願日 平成10年(1998)3月31日

(71)出願人 000000170

いすゞ自動車株式会社

東京都品川区南大井6丁目26番1号

(72)発明者 高橋 進

神奈川県藤沢市土棚8番地 株式会社い

すゞ中央研究所内

(72)発明者 西山 康宏

神奈川県藤沢市土棚8番地 株式会社い

すゞ中央研究所内

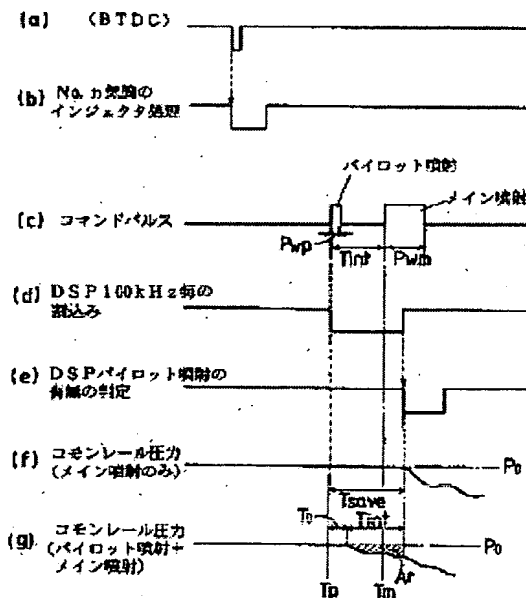
(74)代理人 弁理士 尾仲 一宗 (外1名)

(54)【発明の名称】 エンジンの燃料噴射制御装置

(57)【要約】

【課題】 この発明は、微小燃料噴射を開始する電子デバイスへの最小通電期間を学習によって求めることにより、個々のインジェクタに対応して微小燃料噴射を実現するエンジンの燃料噴射制御装置を提供する。

【解決手段】 インジェクタの燃料噴射を実行するために電磁弁に供給される駆動電流としてのコマンドパルスが、コントローラから時刻 $T_p$ に出力される。一定時間 $T_0$ を経過した後にコモンレール圧力がそれまでの平均値 $P_0$ から低下し始める。コントローラは、パイロット噴射のコマンドパルスの通電期間 $P_{wp}$ を極小の値から次第に延長していき、低下した面積 $A_r$ が予め決められた値以上になった時点を燃料噴射開始時点と決定し、目標燃料噴射量が微小な場合には、その最小コマンドパルス幅に基づいて通電期間を算出する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 蓄圧器から供給される作動流体の圧力作用に基づいてエンジンの燃焼室に燃料を噴射するインジェクタ、駆動電流の供給を受けて前記作動流体の圧力作用を制御する電子デバイス、前記エンジンの運転状態を検出する検出手段からの検出信号に基づいて目標燃料噴射量を決定すると共に前記目標燃料噴射量に応じた前記電子デバイスへの前記駆動電流の通電期間を決定するコントローラを具備し、前記コントローラは、前記通電期間を前記インジェクタから燃料が噴射されない極小通電期間から徐々に延長させ、前記インジェクタが燃料噴射を開始したときの前記通電期間を最小通電期間として決定し、微小な前記目標燃料噴射量に応じた前記通電期間を前記最小通電期間に基づいて決定することから成るエンジンの燃料噴射制御装置。

【請求項2】 前記検出手段は前記蓄圧器における前記作動流体の圧力を検出する圧力センサを含み、前記コントローラは、前記圧力センサが検出した前記作動流体の圧力値が予め決められた値以上に低下した時点の前記インジェクタの燃料噴射開始時点と決定することから成る請求項1に記載のエンジンの燃料噴射制御装置。

【請求項3】 前記検出手段は前記インジェクタの針弁のリフト量を検出するリフトセンサを含み、前記リフトセンサが予め決められたリフト量を検出した時点の前記インジェクタの燃料噴射開始時点と決定することから成る請求項1に記載のエンジンの燃料噴射制御装置。

【請求項4】 前記コントローラは、前記目標燃料噴射量をパイロット噴射量とメイン燃料噴射量とに分割し、前記パイロット噴射量に対応する前記通電期間を前記最小通電期間に基づいて決定することから成る請求項1～3のいずれか1項に記載のエンジンの燃料噴射制御装置。

【請求項5】 前記電子デバイスは、前記インジェクタに配設され且つ前記作動流体の前記インジェクタへの供給を制御する電磁弁であることから成る請求項1～4のいずれか1項に記載のエンジンの燃料噴射制御装置。

【請求項6】 前記目標燃料噴射量に対応した前記通電期間は、前記最小通電期間と、特定の前記目標燃料噴射量に対応した特定の前記通電期間との間における補間によって求められることから成る請求項1～5のいずれか1項に記載のエンジンの燃料噴射制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、蓄圧器から供給される作動流体の圧力作用に基づいて、燃料をエンジンの燃焼室に噴射するエンジンの燃料噴射制御装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、本体内部を昇降して噴孔を開閉制御する針弁と、その針弁を昇降させるため作動流体を制御

する駆動電流が供給される電子デバイスとを具備したインジェクタを備え、コントローラによってエンジンの運転状態に応じてインジェクタから噴射される燃料噴射時期及び燃料噴射量を制御するエンジンの電子制御燃料噴射システムが知られている。

【0003】上記電子制御燃料噴射システムとして、例えば、作動流体をコモンレールに貯留された高圧燃料とし、圧力制御室を本体内部に形成したインジェクタを備え、電子デバイスである電磁弁によって圧力制御室への高圧燃料の流入と流出とを制御し、その高圧燃料の圧力に基づいて針弁を昇降させ、針弁によって開弁された噴孔から高圧燃料を噴射する型式の燃料圧型燃料噴射システムと、作動流体をエンジンオイルとし、エンジンオイルの流入を制御する電子デバイスとしての電磁弁と流入されたエンジンオイルによって作動する増圧ピストンとを有するインジェクタを備え、増圧室内の燃料を増圧ピストンによって増圧し、その増圧された燃料の圧力で針弁を昇降させ、針弁によって開弁された噴孔から増圧された燃料を噴射する型式の油圧作動型燃料噴射システムとが提案されている。いずれの型式の燃料噴射システムであっても、各インジェクタに備わる電子デバイス（電磁弁）の作動を、コントローラとしての電子制御装置から出力される駆動電流によって制御している。高圧に昇圧された作動流体が、電子デバイスの作動によってインジェクタ内に供給され、作動流体の圧力作用に基づいて針弁がリフトし、インジェクタの先端に形成されている噴孔から予め決められた噴射量の燃料が予め決められた燃料噴射時期に噴射される。

【0004】上記電子制御燃料噴射システムでは、作動流体の圧力と電子デバイスへの通電パルス幅により実際の噴射量が決まる。コントローラには、作動流体の圧力毎に目標噴射量と通電パルス幅の相関データが記憶されており、その時の作動流体圧力と目標噴射量から当該相関データを参照して、電子デバイスを作動させている時間としての通電パルス幅を決定している。図11は、従来のエンジンの燃料噴射制御装置において、ある噴射圧力の下での目標燃料噴射量とパルス幅との相関データを示すグラフである。相関データは、実験により予め求められた特定点におけるデータ（図11：×印）がマップとして記憶されており、特定点～特定点間は線形補間等（図11：直線）の処理を行うことにより通電パルス幅が求められる。電子制御燃料噴射システムにおいて、微量の燃料噴射を実行する場合、電子デバイスを駆動する通電パルス幅は、図11の特定点データ中の最小値と原点との間で補間して求められることになる。

【0005】また、燃料噴射の態様として、1回の燃焼に必要な燃料量をメイン噴射と、そのメイン噴射に先立って微量の燃料を噴射するパイロット噴射とに分割し、パイロット噴射によって初期の燃焼発生率を抑制し、騒音やNO<sub>x</sub>を低減させる噴射方法も知られている。こ

のような電磁弁を介して制御する電子制御燃料噴射システムの例が特開平5-302537号に示されている。この公報に開示された燃料噴射システムは、パイロット噴射実行モードを備えたコモンレール式燃料噴射システムであり、パイロット噴射モードがONで且つスタートもONである場合には、コモンレール圧力とその上昇率とが所定値未満か否かを判定し、所定値未満の場合には、パイロット噴射モードをOFFに切り換えてパイロット噴射を中止している。コモンレール圧力が十分に上昇していないような始動クランピング状態にあるときには、パイロット噴射の指示が自動的に実行されず、燃料リーク回数を増加させないようにすることを図ったものである。

【0006】実際に噴射が実行される最小コマンドパルス幅(図11の破線で示すPwm<sub>min</sub>)は、個体バラツキや経時変化に起因してインジェクタ毎に異なっている。計算上、目標噴射に対応する通電パルス幅にて電子デバイス(電磁弁)に通電しているにもかかわらず、実際には燃料噴射が行われない(燃料噴射量が0)ことがある。最小コマンドパルス幅Pwm<sub>min</sub>以下のコマンドパルス幅ではインジェクタは燃料を噴射せず、燃料を噴射するにはPwm<sub>min</sub>以上のパルス幅を有するコマンドパルスを与える必要がある。各インジェクタからの燃料噴射が開始される駆動電流の最小コマンドパルス幅Pwm<sub>min</sub>は、通常不明であり、たとえ、最小コマンドパルス幅Pwm<sub>min</sub>が、当初、既知であっても、経時変化で変化してしまうこともある。このような事態は、前述のパイロット噴射を行う場合に顕著に表れ易く、その場合、パイロット噴射の効果を得ることができず、騒音やNO<sub>x</sub>の増大につながるという問題がある。また、シリンダ当たりの排気量が小さいエンジンでも、目標噴射量が微量となるアイドル運転時において噴射量バラツキを引き起こす原因となり、アイドル安定性を損なう(回転変動が大きくなる)。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記電子制御燃料噴射システムにおいて、インジェクタから実際に燃料が噴射されるとコモンレールの圧力が低下する。このことに着目すると、コモンレールの圧力の変化は、インジェクタからの燃料噴射と関係があることがわかる。コモンレールの圧力は、燃料噴射制御において、特に、算出された必要な燃料噴射量が噴射される燃料噴射期間を決定するのに必要な情報であり、コモンレールの圧力を検出するためのセンサは、燃料噴射システムにおいて圧力センサとして既にコモンレールに配設されている。そこで、圧力センサが検出したコモンレール圧力のデータを利用することで、各インジェクタが燃料噴射を始める最小のパルス幅を自動的に学習させることができないかという課題がある。

【0008】

【課題を解決するための手段】この発明の目的は、上記課題を解決することであり、実噴射量が0となる極小パルス幅を徐々に増加させつつ、燃料噴射の実行が検出されたときのパルス幅を、当該インジェクタにおいて燃料噴射を実行可能な最小コマンドパルス幅として記憶させ、先の特定点データ中の最小値と当該最小パルス幅の間で微少目標噴射量を実現できる通電パルス幅を決定することができる燃料噴射制御装置を提供するものである。

【0009】この発明は、蓄圧器から供給される作動流体の圧力作用に基づいてエンジンの燃焼室に燃料を噴射するインジェクタ、駆動電流の供給を受けて前記作動流体の圧力作用を制御する電子デバイス、前記エンジンの運転状態を検出する検出手段からの検出信号に基づいて目標燃料噴射量を決定すると共に前記目標燃料噴射量に応じた前記電子デバイスへの前記駆動電流の通電期間を決定するコントローラを具備し、前記コントローラは、前記通電期間を前記インジェクタから燃料が噴射されない極小通電期間から徐々に延長させ、前記インジェクタが燃料噴射を開始したときの前記通電期間を最小通電期間として決定し、微小な前記目標燃料噴射量に応じた前記通電期間を前記最小通電期間に基づいて決定することから成るエンジンの燃料噴射制御装置に関する。

【0010】このエンジンの燃料噴射制御装置において、前記検出手段は前記蓄圧器における前記作動流体の圧力を検出する圧力センサを含み、前記コントローラは、前記圧力センサが検出した前記作動流体の圧力値が予め決められた値以上に低下した時点を前記インジェクタの燃料噴射開始時点と決定している。或いは、前記検出手段は前記インジェクタの針弁のリフト量を検出するリフトセンサを含み、前記リフトセンサが予め決められたリフト量を検出した時点を前記インジェクタの燃料噴射開始時点と決定している。

【0011】このエンジンの燃料噴射制御装置において、前記コントローラは、前記目標燃料噴射量をパイロット噴射量とメイン燃料噴射量とに分割し、前記パイロット噴射量に対応する前記通電期間を前記最小通電期間に基づいて決定している。

【0012】このエンジンの燃料噴射制御装置において、前記電子デバイスは、前記インジェクタに配設され且つ前記作動流体の前記インジェクタへの供給を制御する電磁弁である。

【0013】このエンジンの燃料噴射制御装置において、前記目標燃料噴射量に対応した前記通電期間は、前記最小通電期間と、特定の前記目標燃料噴射量に対応した特定の前記通電期間との間における補間によって求められるものである。

【0014】最小通電期間の検出及び更新は、例えばエンジンの始動直後に毎回行うことができる。あるいは、エンジンの総運転時間が一定時間に達する毎(例えば、

100時間毎)に学習させても良い。また、作動流体の圧力違いにより最小通電期間が異なる場合もあるが、この場合は、エンジン運転中に各々の作動流体圧力に達したときに最小通電期間を学習させれば良い。実際に燃料が噴射されているか否かを検出する手段としてのリフトセンサは、ホールセンサ等の高価な位置センサを用いる必要がある。コスト及び耐久性の面でリフトセンサを採用できない場合は、上記噴射システムが元々備えている蓄圧器内の作動流体圧センサを利用して、燃料噴射に伴う圧力降下が検出されたときを噴射実行時と判定することができる。

【0015】この発明によるエンジンの燃料噴射制御装置は、以上のように構成されており、次のように作動する。即ち、例えばパイロット噴射を行う場合、パイロット噴射の指令値、即ち、パイロット噴射を行うべく電子デバイスに出力される駆動電流の通電期間を0、或いは絶対に噴射が行われないと確信できる小さな値から徐々に大きくしていき、インジェクタが燃料を噴射し始める通電期間を見い出す。パイロット噴射が実際に行われたことは、通電開始から所定期間内にコモンレール圧力の低下があったか否かによって判定することができる。

【0016】この発明による燃料噴射制御装置に基づく目標噴射量と駆動電流の通電期間(コマンドパルス幅)の関係は、例えば、図10のようなマップで与えられる。図10は、この発明によるエンジンの燃料噴射制御装置において、目標燃料噴射量とパルス幅との改善された関係を示すグラフである。目標噴射量が0である部分の値は、従来の相関データ(図11)によれば、エンジン始動時には0の初期値を持つが、この発明によれば、学習により最小コマンドパルス幅Pwm1nが与えられる。この最小コマンドパルス幅Pwm1nは、エンジンの始動時毎に毎回学習され且つ記憶される。また、コモンレール圧力違いにより最小コマンドパルス幅が変化する場合もある。この場合、図10の各コモンレール圧力に対応した、最小コマンドパルス幅が必要となる。これは、エンジン運転中に、それぞれのコモンレール圧力を超えたときにそのコモンレール圧力での最小コマンドパルスを学習することにより、最終コマンドパルス幅を求める。本発明により、微小噴射量を実現する通電パルス幅を、個々のインジェクタ毎に求めることが可能となるため、パイロット噴射や小排気量エンジンにおける無噴射現象を回避して、良好なパイロット噴射あるいはアイドル安定性を得ることができる。なお、上記学習は安定したコモンレール圧力下で行うことが望ましく、そのためには、エンジンの始動直後、アイドル回転数で運転されるまではパイロット噴射を行わずに、メイン噴射のみを行うようにすると良い。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して、この発明によるエンジンの燃料噴射制御装置の一実施例を説

明する。図1はこの発明によるエンジンの燃料噴射システムにおけるCPU処理のうちメイン処理を示すフローチャート、図2はCPU処理におけるREF信号割込み処理を示すフローチャート、図3はCPU処理におけるBTDC信号割込み処理を示すフローチャート、図4はDSP処理におけるメイン処理を示すフローチャート、図5はDSP処理におけるコマンドパルスによる割込み処理を示すフローチャート、図6はDSP処理における100kHz割込み処理を示すフローチャート、図7はDSP処理におけるパイロット噴射の有無の判定処理を示すフローチャート、図8はCPU処理における第n番目のインジェクタの燃料噴射処理を示すフローチャート、そして図9はこの発明によるエンジンの燃料噴射制御装置において、入出力信号の変化とソフトウェアの作動とを示すタイミングチャートである。

【0018】図12には、この発明によるエンジンの燃料噴射制御装置が適用される作動流体を高圧燃料とした燃料圧作動型の電子制御燃料噴射システムの一例の概略が示されている。燃料タンク1からフィルタ2を経てフイードポンプ3によって吸い上げられて所定の吸入圧力に加圧された燃料は、燃料管4を通じて高圧燃料ポンプ5に送られる。高圧燃料ポンプ5は、例えばエンジンによって駆動される、所謂、プランジャ式のサブライ用の燃料供給ポンプであり、燃料を運転状態等に基づいて定められる高圧に昇圧し、昇圧された燃料を燃料管7を通じてコモンレール8に供給する。コモンレール8に所定圧力に昇圧した状態で貯留された燃料は、コモンレール8から燃料供給管9を通じて、複数のインジェクタ10に供給される。図示の例では、4気筒エンジンであり、4つの気筒(図示せず)には、内部に形成される燃焼室にそれぞれ燃料を噴射するインジェクタ10が配設されている。多気筒エンジンの燃焼順序iは、気筒番号nを列の並びに従って#1〜#4とすると、#1→#3→#4→#2の順である。

【0019】高圧燃料ポンプ5からリリーフされた燃料は、戻し管11aを通じて燃料タンク1に戻される。また、燃料供給管9からインジェクタ10に供給された燃料のうち、燃焼室への噴射に費やされなかった燃料は、戻し管11bを通じて燃料タンク1に戻される。コントローラ13には、各種のセンサ、即ち、エンジン回転数を検出するためのクランク角度センサ、アクセル開度を検出するためのアクセル開度センサ、冷却水温度を検出するための水温センサ、吸気管内圧力を検出するための吸気管内圧力センサ等のエンジンの運転状態を検出するための各種センサからの信号が入力されている。また、コントローラ13には、コモンレール8に設けられている圧力センサ12が検出したコモンレール8内の燃料圧の検出信号が送られる。コントローラ13は、これらの信号に基づいて、エンジン出力が運転状態に即した最適出力になるように、インジェクタ10による燃料の噴射

特性、即ち、燃料の噴射時期及び噴射量を制御して、燃料が最適な噴射時期に最適な燃料噴射量をもって対応する燃焼室に噴射されるようにインジェクタ10に備わる電磁弁を制御する。インジェクタ10から噴射される燃料の噴射圧はコモンレール8に貯留されている燃料の圧力に略等しい。燃料噴射量は、噴射期間と噴射圧力で定まるので、流量制御弁6を制御してコモンレール8へ的高圧燃料の供給量を制御することにより、燃料噴射圧が制御される。インジェクタ10からの燃料の噴射でコモンレール8内の燃料が消費された場合や、燃料噴射量を変更する場合に、コントローラ13は、コモンレール8内の燃料圧が所定の燃料圧となるように、流量制御弁6を制御して高圧燃料ポンプ5からコモンレール8への燃料の吐出量を制御する。コモンレール燃料噴射システムそれ自体は、従来公知のものであり、これ以上の詳細な説明を省略する。

【0020】このエンジンのコントローラ13を中心とする各種のセンサとインジェクタ10との関係が図13に示されている。図13はエンジンの運転状態を検出する各種センサからの検出信号を受けて、各インジェクタ10のパイロット噴射量制御を含む燃料噴射制御を行うコントローラ13のブロック図である。センサには、気筒#1〜#4のうち基準となる気筒、例えば#1の上死点前の所定角度（例えば、 $120^\circ$ ）を判別する気筒判別（REF）センサと、各気筒#1〜#4の爆発行程の上死点前の所定角度（例えば、 $60^\circ$ ）を検出するBTDC（before top dead center）センサと、クランク角度を $1^\circ$ 毎に検出するクランク角度センサが含まれる。エンジンが4サイクルエンジンであるとする、クランク軸が2回転する間に、4つのBTDC信号と1つのREF信号とが発生される。気筒判別REFセンサが検出した気筒判別信号及びクランク角度センサが検出したクランク角度信号は、中央処理装置（CPU）14へ入力される。

【0021】コントローラ13のCPU14には、更に、エンジンの運転状態を表すものとして、アクセル開度センサ、エンジンの冷却を行う冷却水の温度を検出する水温センサ、コモンレール等の圧力を検出するコモンレール圧力センサ12等からの検出信号等が入力される。コモンレール圧力センサ12からの検出信号は、CPU14と平行にDSP（digital signal processor）15にも入力される。DSPは、高速加算演算が可能なプロセッサであり、データの大量及び高速処理を行う必要がある噴射実行検出処理を行う。

【0022】CPU14とDSP15との間のデータのやり取りは、CPU14とDSP15とのどちら側からも読み書きが可能な共通RAMであるデュアルポートメモリ16を介して行われる。CPU14とデュアルポートメモリ16との間はCPUバス17を通じて接続され

ており、DSP15とデュアルポートメモリ16との間にはDSPバス18を通じて接続されている。コモンレール圧力を検出するセンサ12が検出した筒内圧力のアナログ信号は、AD変換器19に入力されてデジタル信号に変換され、DSPバス18を通じてDSP15に送られる。

【0023】CPU14は、各センサから直接に入力されるエンジンの運転状態を表す情報と、コモンレール圧力センサ12からのコモンレール圧力に関してDSP15で処理された結果等とに基づいて演算を行い、各気筒#1〜#4にそれぞれ対応して設けられているインジェクタ10の燃料噴射時期や燃料噴射量等の燃料噴射に関する制御を行う。DSP15は、コモンレール圧力に関するデジタル信号の加減算の処理を高速で行う。また、CPU14は、コモンレールの圧力を制御するため流量制御弁6を制御することで可変式の燃料ポンプ5の吐出量を制御し、その他、排気ガス循環量を制御するためEGRバルブ等を制御する。

【0024】本発明の実施例を、図12のコモンレール噴射システムにおけるパイロット噴射制御に適用して説明する。コントローラ13の構成は、ブロック図として図13に示したものが用いられる。図1は、コントローラにおけるCPU14が行うメイン処理を示すフローチャートである。このメイン処理は、以下の各ステップから成る。

（1）CPU14の初期化が行われる（ステップ1、S1と略す、以下同じ）。

（2）センサ信号の処理を行う（S2）。即ち、信号のA/D変換や物理量への換算等を行う。

（3）S2で行われた信号処理で得られた情報から、アクセル開度及びエンジン回転数に基づいて、各インジェクタ10が噴射すべき燃料噴射量が算出される（S3）。燃料噴射量は、アクセル開度、エンジン回転数をパラメータとして予めマップデータとして求められ、且つメモリに記憶されている。

（4）また、S2で行われた信号処理で得られたエンジン回転数と燃料噴射量とに基づいて、各インジェクタ3が燃料を噴射すべき燃料噴射時期が算出される（S4）。燃料噴射時期は、燃料噴射量とエンジン回転数とをパラメータとして予めマップデータとして求められている。

（5）エンジン回転数とS3で求められた燃料噴射量とに基づいて、燃料噴射圧力（目標コモンレール圧力）が算出される（S5）。燃料噴射圧力も、エンジン回転数と燃料噴射量とをパラメータとして予めマップデータとして求められている。燃料噴射圧力の制御は、具体的には、コモンレール圧力センサ12が検出するコモンレール圧力（燃料圧力）が目標噴射圧力となるように、燃料ポンプに関連して設けられる流量制御弁を制御することにより行われる。S1でCPU14が初期化された後

は、エンジンの運転中、燃料噴射を実行すべき各インジェクタ10に対して上記の各ステップS2～S5がそれぞれ順に繰り返して実行される。

【0025】気筒判別のための信号、即ち、REF信号が出力されると、図2に示すようなREF割込み処理が行われる。図2は、図1に示すメイン処理においてREF信号がCPU14に入力されたときの割込み処理を示すフローチャートである。この割込み処理では、BTDC信号のカウンタ値CNbを0にするリセット処理が行われる。即ち、エンジン1は4気筒エンジンであるので、このカウンタ値CNbは0から3までの4つの整数を取り得る。カウンタ値CNbが0のときから各気筒での燃料の噴射と着火とが一巡して、カウンタ値CNbが4になる前に、REF信号が出力されて割込み処理が行われて、カウンタ値CNbが0にセットされる(S6)。

【0026】図3は、CPU処理におけるBTDC信号割込み処理を示すフローチャートである。クランク角度が、例えば、各気筒について圧縮上死点前60°に到達したことをセンサが検出すると、そのタイミングでBTDC信号がCPU14に入力されると、CPUではBTDC信号割込み処理が起動される。BTDC信号割込み処理は、次の各ステップから成る。

(1) エンジン1の回転速度が計算される(S11)。即ち、前回のBTDC信号が出力されてから今回のBTDC信号が出力されるまでに要した時間に基づいて、単位時間当たりのエンジン1の回転速度が算出される。

(2) BTDC信号のカウンタ値CNbが0であるかを判定する(S12)。カウンタ値CNbが0であれば、燃焼順序i=1の気筒(#1)に設けられたインジェクタ10の燃料噴射処理(S2～S5とその後の燃料噴射の実行)を行う(S13)。

(3) S12での判定においてカウンタ値CNbが0でなければ、直ちにS14に移行し、カウンタ値CNbが1であるかを判定する(S14)。

(4) カウンタ値CNbが1であれば、i=2の気筒(#2)に設けられたインジェクタ10の燃料噴射処理(S2～S5とその後の燃料噴射の実行)を行う(S15)。

(5) S14での判定においてカウンタ値CNbが1でなければ、直ちにS16に移行し、以下上記と同様な判定処理と判定処理においてYESである場合のインジェクタの燃料噴射処理とが行われる(S16)。

(6) S13、S15、或いは、S16で、#1～#4の何れかのインジェクタ3の燃料噴射処理を行うと、対応していたカウンタ値CNbの判定以外の判定では必ずNOとなるので、カウンタ値CNbに1を増加したものを新たなカウンタ値CNbにして(S17)、この割込み処理を終了する。次回のこの割込み処理においても、次のカウンタ値CNbに対する判定は、S12、S14又はS16での同様の判定のいずれかでYESとなる。

順次増加するカウンタ値CNbが3になると、カウンタ値CNbが4になる前にREF信号の割込み処理(S6)にて、カウンタ値CNbは0にリセットされる。このように、BTDC信号割込み処理では、カウンタ値CNbに応じて、次に噴射を行う気筒を判別し、各気筒に配設されたインジェクタの燃料噴射処理を行う。

【0027】図4は、DSP処理のメイン処理を示すフローチャートである。DSPは、CPUと並列処理されるプロセッサである。DSP処理のメイン処理は、次の各ステップから成る。

(1) まず、DSPの初期化を行う(S21)。

(2) 次に、圧力データのサンプリングが終了したか否かを判する(S22)。

圧力データのサンプリングが終了しているのであれば、「パイロット噴射有無判定」ルーチンにより、パイロット噴射されているか否かを判定する(S23)。圧力データのサンプリングが終了して仮にないければ、圧力データのサンプリングを継続する。S22、S23の詳細な内容については、後述する。

【0028】図5は、DSP処理におけるコマンドパルスによる割込み処理を示すフローチャートである。コマンドパルスのエッジを検出することにより割り込み処理が発生する。n番目の気筒に設けられているインジェクタのCPUによる処理内にて割り込みが許可される。

(1) コマンドパルスエッジによる割込みが禁止される(S31)。即ち、パイロット噴射のコマンドパルスに対する割込みがあった場合には、メイン噴射のためのコマンドパルスに対する割込みをかけないようにする。

(2) 100kHzのタイマ割込みが許可される(S32)。

【0029】図6は、DSP処理における100kHz割込み処理を示すフローチャートである。

(1) 100kHzのタイマ割込みがあった場合、そのときのコモンレール圧力Piを読み込む(S41)。

(2) コモンレール圧力をRAM上のデータバッファに保存する。カウンタもをインクリメントし(S42)で、順次、コモンレール圧力のサンプリングを行う。データは、気筒(n)別に設けられたメモリに保存される。

(3) カウンタもが、予め設定されたサンプリング期間Tsaveに達したか否かを判定する(S43)。カウンタもが、サンプリング期間Tsaveに達していなければ、割込み禁止処理をせずにこのルーチンを終了する。

(4) サンプリング期間分のデータの取込みを終了すると、100kHzタイマ割込みを終了し、100kHz割込み処理を禁止する(S44)。

(5) カウンタもを0にリセットする(S45)。

【0030】図7は、DSP処理におけるパイロット噴射の有無の判定を示すフローチャートである。このフロ

一チャートは、データのサンプリング終了後に起動され、以下の各ステップから成る。

(1) パイロット噴射を行うためのコマンドパルスのパルス幅、即ち、パイロット噴射パルス幅  $P_{wpr}$  が 0 を超える値であるか、即ち、燃料を噴射せよという命令が出ているかどうか判定される (S51)。

(2) コマンドパルスをトリガとして保存された圧力データの、先頭からある一定期間  $T_0$  のデータを平均し  $P_0$  とする (S52)。コマンドパルスを与えてからインジェクタが実際に燃料噴射してコモンレールの圧力低下が生じるまでの期間は、インジェクタの個体差、経時変化等によりはらつくが、一定の時間  $T_0$  以下にはならないことが判明している。この一定時間  $T_0$  は、予め実験によって求められる。即ち、コマンドパルスが出力されてから、一定時間  $T_0$  の間は、そのコマンドパルスによる燃料噴射に基づく圧力低下が生じない期間である。

(3) 圧力低下した部分の面積  $A_r$  を算出する (S53)。面積の算出期間  $T_{save}$  は、コモンレール圧力のデータ取込み期間であって、上記一定期間  $T_0$  と、パイロット噴射とメイン噴射との間のインターバル期間  $T_{int}$  との和よりも短くなる ( $T_{save} < T_0 + T_{int}$ ) ように予め設定しておけば良く、固定値としても、インターバル期間  $T_{int}$  の関数値としても良い。

(4) 面積  $A_r$  が閾値  $K_t$  を超えているか否かを判定する (S54)。面積  $A_r$  が閾値  $K_t$  を超えていると判定された場合には、燃料噴射による圧力低下が生じたと判断する。なお、面積  $A_r$  ではなく、サンプリングされた圧力自体と所定の閾値とを比較して圧力低下の有無を判定することもできるが、面積で判断することにより、圧力自体を判定する場合と比較して微小圧力変動やノイズなどから受ける影響を少なくすることができる。

(5) 面積  $A_r$  が閾値  $K_t$  を超えているときは、パイロット噴射による燃料噴射が行われたと判断され、パイロットフラグ  $F_{pilot}$  に 1 をセットする (S55)。

(6) 面積  $A_r$  が閾値  $K_t$  を超えていないときは、パイロット噴射による燃料噴射が行われていないと判断され、パイロットフラグ  $F_{pilot}$  を 0 にリセットする (S56)。

ここで判定されたパイロット噴射の有無は、その気筒での次の噴射前の BTDC 割り込み処理にて使用される。

【0031】図8は、CPU処理における第  $n$  番目のインジェクタによるパイロット噴射を含む燃料噴射処理を示すフローチャートである。この処理は、 $n$  番気筒における燃料噴射前の BTDC 信号による割り込み処理であり、以下の各ステップから構成される。この処理では、インジェクタが噴射を開始するときのコマンドパルス幅が CPU によって学習される。それ以外の領域は、実験によって得られた  $P_{w-Q}$  (コマンドパルス幅-燃料噴射量) マップによって与えられている。

(1) DSP のコマンドパルスによる割り込みを許可さ

れる (S61)。

(2) CPU メイン処理 (図1) で算出された目標メイン噴射量  $Q_m$ 、目標パイロット噴射量  $Q_p$ 、目標メイン噴射時期  $T_m$ 、目標パイロット噴射時期  $T_p$  及び圧力センサ 12 の検出値である実コモンレール圧力  $P_f$  を読み込む (S62)。

(3) S62 で読み込んだ目標パイロット噴射量  $Q_p$  が 0 を超えているか否かを判定する (S63)。即ち、目標パイロット噴射量  $Q_p$  が正の値を有していれば、パイロット噴射を実行すべきことになる。

(4) パイロット噴射を実行すべき時は、本発明による最小パルス幅の学習を実行すべきか否かを判定する。ここでは、エンジン停止時 (イグニッションキー OFF 時) に 0 にセットされるモードフラグ  $F_{mode}$  に基づいて、モードフラグ  $F_{mode}$  が 0 であるか否かが判定される (S64)。

(5) S64 の判定で、モードフラグ  $F_{mode} = 0$  のときには、以下に述べる CPU の学習が実行される。即ち、DSP 処理のうちのパイロット噴射の有無の判定 (図7) で処理されるパイロットフラグ  $F_{pilot}$  が 1 にセットされているか否かを判定する (S65)。即ち、前サイクル時にパイロット噴射が実行されたか否かを確認する。

(6) S65 の判定で、前回パイロット噴射が実行されていないと判定されると、実際の燃料噴射量が 0 となるパルス幅 (例えば、0) を初期値としたパイロット噴射パルス幅に、極小に設定された単位量を加算して、パイロット噴射パルス幅  $P_{wp}$  を更新し (S66)、S70 へ進む。本ルーチンの開始初期には、モードフラグ  $F_{mode}$  はエンジン停止時に 0 にセットされており、且つ S64 での判定でパイロット噴射はなされていないと判定されるから、S66 へ進むことになり、パイロット噴射パルス幅  $P_{wp}$  が、加算更新される。

(7) S65 の判定で、前回パイロット噴射が実行されたと判定されると、第  $n$  番目のインジェクタの電磁弁への駆動電流の最小コマンドパルス幅  $P_{wmin}$  ( $n$ ) が、その判定時におけるパイロット噴射のための

コマンドパルス幅  $P_{wp}$  として求められる (S67)。

(8) S67 に続いて、モードフラグ  $F_{mode}$  を 1 にセットする (S68)。

(9) 本ルーチンを繰り返し実行すると、パイロット噴射が実行されて S68 でモードフラグ  $F_{mode}$  が 1 にセットされるときが到来する。その次の本ルーチンの実行では、S64 の判定で、モードフラグ  $F_{mode}$  が 0 でないと判定されるため、S62 で読み込まれた、目標パイロット噴射量  $Q_p$  と実コモンレール圧力  $P_f$  から、マップ参照にてパイロット噴射パルス幅  $P_{wp}$  が決定される (S69)。即ち、マップデータの最小値と、S67 で保存された最小パルス幅から、線形補間によりパルス幅を決定することになる。

(10) パイロット噴射時期 $T_p$ 、パイロット噴射パルス幅 $P_{wp}$ が駆動パルス出力カウンタにセットされる(S70)。

(11) S63の判定で、パイロット噴射量 $Q_p$ が正の値でない(即ち、目標パイロット噴射量自体が0でありパイロット噴射を実行すべきではないと判定された)場合、及びS70でパイロット噴射のためのコマンドパルスの設定がなされた場合には、S62で読み込まれた目標メイン噴射量 $Q_m$ と実コモンレール圧力 $P_f$ からメイン噴射パルス幅 $P_{wm}$ がマップ参照にて決定される(S71)。

(12) S71で決定されたメイン噴射パルス幅 $P_{wm}$ とS62で読み込まれたメイン噴射時期 $T_m$ を出力カウンタにセット(S72)して、本ルーチンを終了する。

【0032】以上のルーチンに対応して、図9に示すタイミングチャートで、各種の入出力信号の変化と、ソフトウェアの働きを説明を説明する。(a)で示すように、クランク角度の進行に応じてセンサがBTD C信号を出力すると、第 $n$ 番目の気筒のインジェクタ10による燃料噴射処理が開始される(b)。続いてパイロット噴射のコマンドパルスのエッジを検出することによりDSP100kHz割り込み処理が発生し(c)(d)。パイロット噴射のコマンドパルスに対する割り込みがあった場合には、メイン噴射のためのコマンドパルスに対する割り込みをかけないようにする。DSP100kHz割り込み処理が発生する(d)と、コモンレール圧力のデータのサンプリングが開始され、サンプリング期間 $T_{save}$ の間コモンレール圧力のデータ採りが行われる(g)。圧力データのサンプリングが終了すると、そのデータの処理をしてパイロット噴射があったか否かが判定される(e)。なお、パイロット噴射を行わない場合(f)には、(d)(e)及び(g)の処理も実行されない。

【0033】以上の処理により、当初、S63の判定がYESであってパイロット噴射を実行すべきであり、S64の判定がYESであってエンジンの停止時のモードであった場合、S65でまだパイロット噴射が実行されていないと判定されるときには、S66が繰り返し実行されるうちに、初期値を0としたパイロット噴射パルス幅 $P_{wp}$ が徐々に増加し、やがて実際のパイロット噴射が実行される。これがDSP処理により検出されて、パイロットフラグ $P_{pilot}$ がパイロット噴射有り(1にセット)に変化する。この結果、本ルーチンにおいてはS65からS67へ進むことになる。S67では、そのときまでにS66で更新されているパイロット噴射パルス幅 $P_{wp}$ を最小コマンドパルス幅 $P_{wmin}$ としてメモリに保存し、S68でモードを1に設定した後、S70へ進む。S68の処理により、次の本ルーチン実行時にはS64からS69へ進むことになる。

【0034】S69においては、図10に示すように、

マップデータの最小値( $Q_{p1}$ ,  $P_{w1}$ )と、S67で保存された最小コマンドパルス幅 $P_{wmin}$ から、線形補間により、S62で読み込まれた目標パイロット噴射量 $Q_p$ と実コモンレール圧力に基づいて、目標パイロット噴射量 $Q_p$ に対応したパイロット噴射パルス幅 $P_{wp}$ が決定される。このように、DSP及びCPUによる以上の処理により、パイロット噴射のような微小噴射量に対応した通電パルス幅を、個々のインジェクタ毎に決定することが可能になる。

【0035】以上、この発明をコモンレール式の燃料噴射制御システムに適用した場合について説明したが、作動流体として、高圧燃料ではなくエンジンオイルを用いた燃料噴射制御システムや通常の噴射制御に適用してもよいことは明らかである。エンジンオイルを作動流体とする燃料噴射制御システムに本発明を適用する場合には、コモンレール圧力の代わりに、オイルポンプによって高圧に昇圧されたエンジンオイルを蓄える高圧オイルマニホールドの圧力を利用することになる。

【0036】図14にエンジンオイルを作動流体とする油圧作動型の燃料噴射制御システムの一例が示されている。図14に示した油圧作動型の燃料噴射制御システムでは、燃料タンク21の燃料は、燃料ポンプ22の駆動によってフィルタ23を通じて燃料供給のための共通の通路であるコモンレール24に供給される。コモンレール24は、各気筒のインジェクタ40の燃料供給口と燃料排出口とに接続されている。即ち、インジェクタ40は、その燃料供給口と燃料排出口とに所定圧の燃料が常に供給されているコモンレール24に配置されている。各インジェクタ40で消費されなかった燃料は、燃料回収通路25を通じて燃料タンク21に回収される。

【0037】インジェクタ40には、燃料の噴射圧力を増圧するために、高圧オイルマニホールド36からの作動流体即ち作動オイルが電磁弁39を通じて導入される。高圧オイルマニホールド36には、オイル溜まり26からのオイルがオイルポンプ27の作動によってオイル供給路30を通じて供給され、オイル供給路30の途中にはオイルクーラ28やオイルフィルタ29が設けられている。また、オイル供給路30は、オイルギャラリ31に通じる潤滑系通路と高圧オイルポンプ32を含む作動オイル系通路35に分岐している。高圧オイルポンプ32から高圧オイルマニホールド36へのオイルの供給は、流量制御弁33による作動オイルのリーク量を制御することによりコントロールされている。コントローラ41は、エンジンの作動状況として、アクセル開度センサで検出されたアクセル開度、クランク角センサで検出されたクランク角、高圧オイルマニホールド36に設置した圧力センサ38で検出された高圧オイルマニホールド36の作動オイル圧力が入力され、流量制御弁33の制御とインジェクタ40の電磁弁39の制御を行う。なお、クランク角センサが検出したクランク角度は、基準気筒又は



各気筒においてピストンの圧縮上死点或いは圧縮上死点前の所定位置に到達したことを検出する各センサの検出信号と共に、駆動電流の通電開始時期及び通電期間の制御に用いられる。流量制御弁33は、コントローラ41からの制御信号によりその開度が制御され、高圧オイルポンプ32からの余剰の高圧オイルがリーク量として戻り通路34を通じてオイル溜まり26に回収される。その他、コントローラ41には、オイル温度（又は水温）センサや吸気管内圧センサの検出信号も入力される。

【0038】電磁弁39の作動をコントローラ41からの駆動電流の通電時期及び通電期間によって制御することにより、高圧作動オイルのインジェクタ40内の圧力室への供給時期及び供給期間が制御され、インジェクタ40からの燃料噴射時期と燃料噴射量とが制御される。インジェクタ40においては、コモンレール24から供給された低圧燃料は増圧室に流入し、高圧オイルマニホルド（オイルレール）36からの高圧オイルは電磁弁39の作動によって各インジェクタ40の加圧室に流入される。加圧室に流入した高圧オイルの圧力作用によって、増圧ピストンが増圧室内の燃料を増圧する。増圧した燃料は、針弁をリフトさせ、ノズルの先端に形成されて針弁のリフトで開口した噴孔から燃焼室内に噴射する。かかるインジェクタ40の内部構造及びこのインジェクタを備えた燃料噴射システム自体については、例えば特表平6-511527号公報等に開示されているものを用いることができる。

【0039】インジェクタが燃料噴射を開始する時点を検出する手段として、コモンレール又は高圧オイルマニホルドに配置された圧力センサに例を取って説明したが、かかる検出手段は、圧力センサに代えて、インジェクタの針弁のリフト量を検出するリフトセンサとしてもよい。リフトセンサが極僅かな予め決められたリフト量を検出した時点をインジェクタの燃料噴射開始時点と決定することができる。

【0040】

【発明の効果】この発明によるエンジンの燃料噴射制御装置は、上記のように構成されているので、燃料噴射の指令値である駆動電流のコマンドパルス幅を0、或いは絶対に噴射が行われないと確信できる小さな値から徐々に大きくしていき、インジェクタが燃料を噴射し始める最小通電期間としての最小コマンドパルスを見い出す。このような学習により、個々のインジェクタの特性が異なっても、或いは同じインジェクタであっても経時変化によって特性が変わるときであっても、燃料噴射が開始される正確な最小コマンドパルス幅を得ることができる。この最小コマンドパルス幅は、エンジンの始動時毎に毎回学習され且つ記憶される。その結果、微少噴射量を実現する最小通電パルス幅を、個々のインジェクタ毎に求めることができ、パイロット噴射や小排気量エンジンにおける無噴射現象を回避して、騒音やNO<sub>x</sub>を抑制

する良好なパイロット噴射の効果を得ることができる。また、シリンダ当たりの排気量が小さいエンジンでも、目標噴射量が微少量となるアイドル運転時において噴射量バラツキが少なくなり、回転変動が小さくなってアイドル安定性が向上する。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明によるエンジンの燃料噴射制御装置におけるCPUメイン処理を示すフローチャートである。

【図2】図1に示すCPUメイン処理における、基準気筒判別（REF）信号割込み処理を示すフローチャートである。

【図3】図1に示すCPUメイン処理における、BTD C信号割込み処理を示すフローチャートである。

【図4】この発明によるエンジンの燃料噴射制御装置におけるDSPメイン処理を示すフローチャートである。

【図5】図4に示すDSPメイン処理における、コマンドパルス割込み処理を示すフローチャートである。

【図6】図4に示すDSPメイン処理における、100kHz割込み処理を示すフローチャートである。

【図7】図4に示すDSPメイン処理における、パイロット噴射の有無の判定処理を示すフローチャートである。

【図8】図1に示すCPU処理における、第n番目のインジェクタの燃料噴射処理を示すフローチャートである。

【図9】この発明によるエンジンの燃料噴射制御装置において、入出力信号の変化とソフトウェアの作動とを示すタイミングチャートである。

【図10】この発明によるエンジンの燃料噴射制御装置において、目標燃料噴射量とパルス幅との改善された関係を示すグラフである。

【図11】従来のエンジンの燃料噴射制御装置による目標燃料噴射量とパルス幅との関係を示すグラフである。

【図12】コモンレール式の燃料圧作動型燃料噴射制御システム概要を示す図である。

【図13】図12のコントローラのブロック図である。

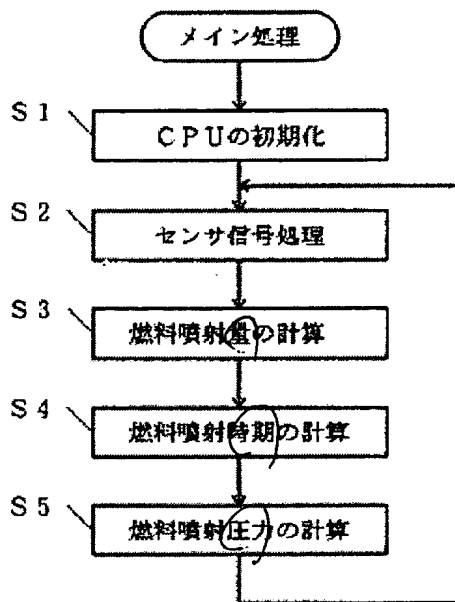
【図14】高圧オイルマニホルドを用いた油圧作動型燃料噴射制御システム概要を示す図である。

【符号の説明】

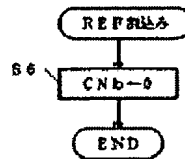
8	コモンレール
10	インジェクタ
12	圧力センサ
13	コントローラ
32	高圧オイルマニホルド
38	圧力センサ
40	インジェクタ
41	コントローラ
Pf	コモンレール圧力
Qp	パイロット噴射量
Pwp	パイロット噴射パルス幅

Pwmin 最小コマンドパルス幅

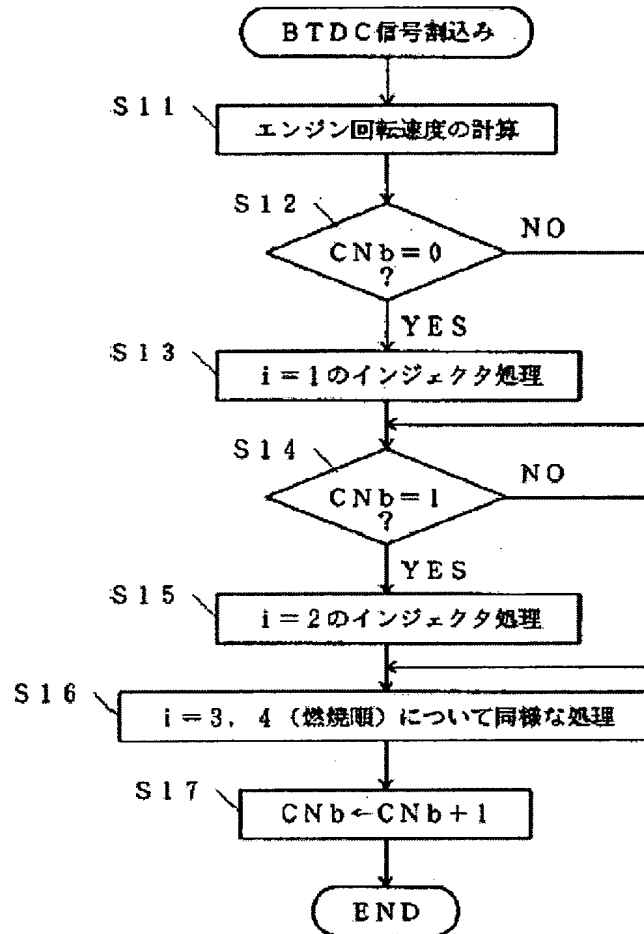
【図1】



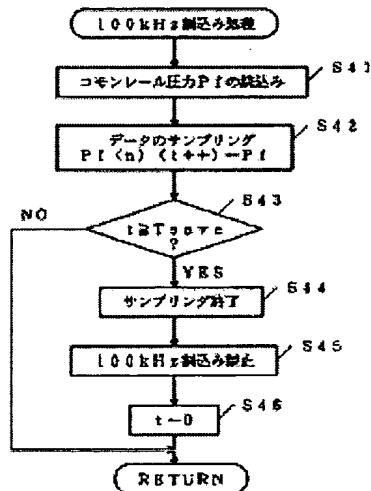
【図2】



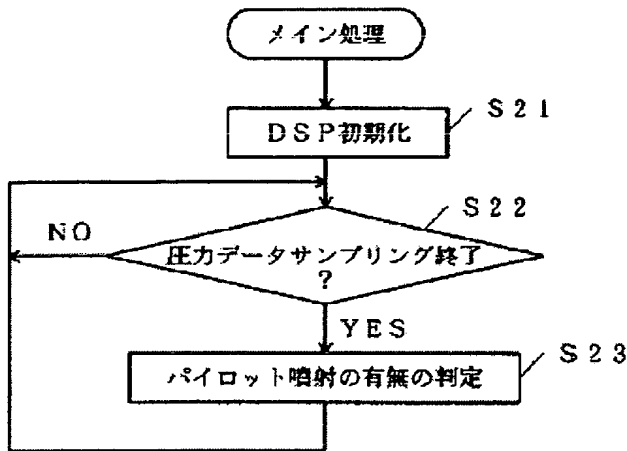
【図3】



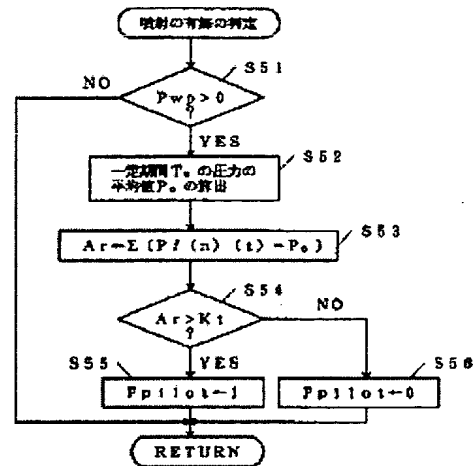
【図6】



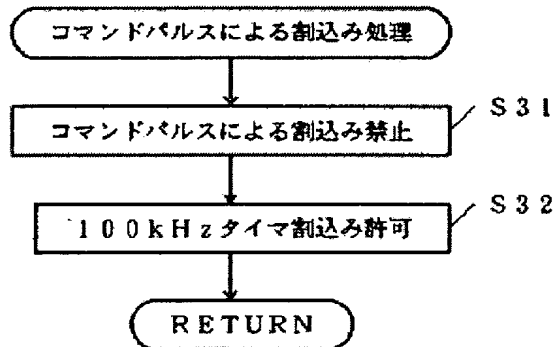
【図4】



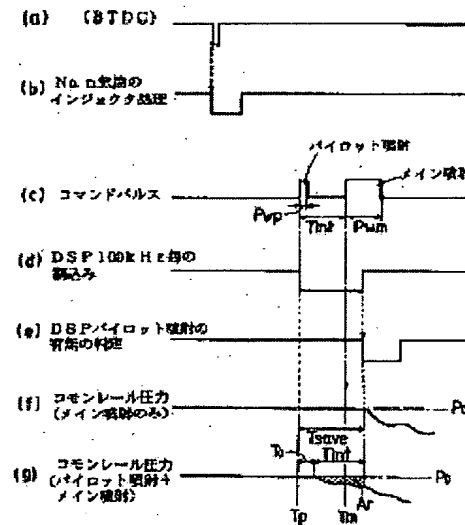
【図7】



【図5】

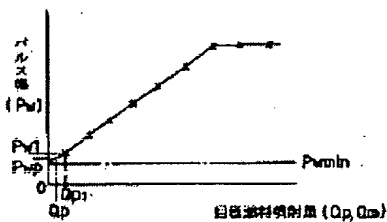


【図9】

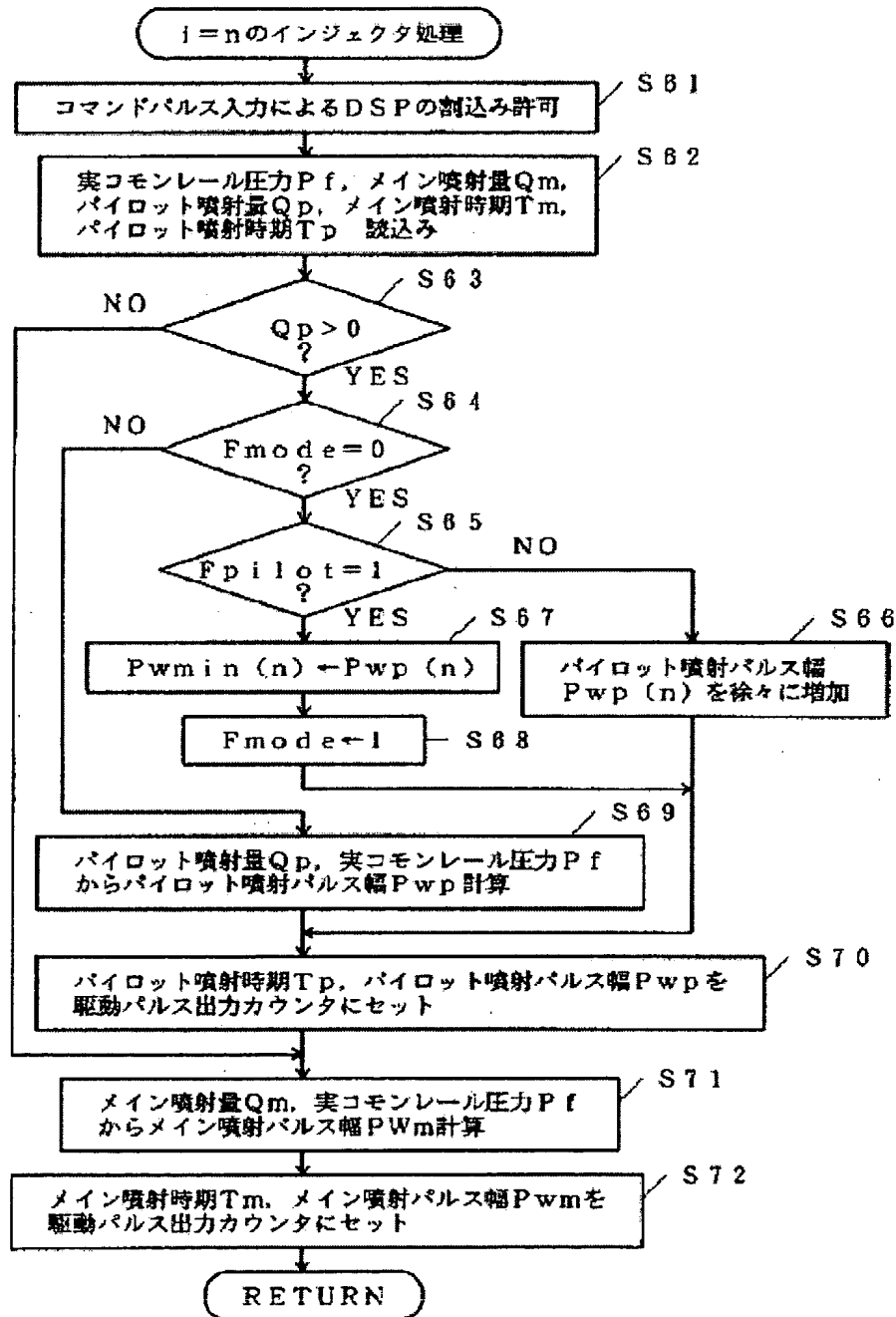


【図10】

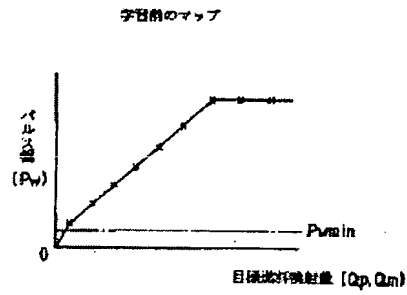
半波長のマップ



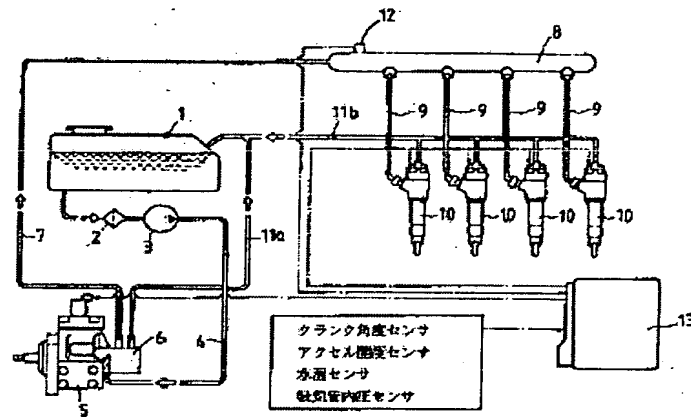
【図8】



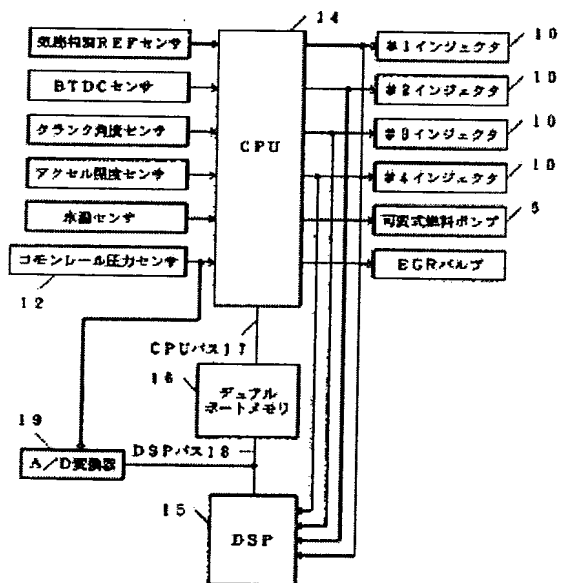
【図11】



【図12】



【図13】



【図14】

